



UNIVERSIDAD
COMPLUTENSE
MADRID

Proyecto de Innovación y Mejora de la Calidad Docente

Convocatoria 2016/2017

Nº de proyecto: 120

“Chem-E-Car: De la teoría a la práctica. Construcción de un prototipo”

Nombre del responsable del proyecto: Carlos Negro Álvarez

Facultad de Ciencias Químicas

Departamento de Ingeniería Química

1. Objetivos propuestos en la presentación del proyecto (Máximo 2 folios)

El objetivo principal de este proyecto es la construcción de un prototipo de coche “Chem-E-Car” y constituir a la UCM como universidad española que participa en dicha competición internacional, utilizando el material docente y las bases para la competición desarrollados por el equipo investigador en los PIMCDs 103 y 28 de las convocatorias 2014 y 2015, respectivamente. Para alcanzar este objetivo general se han establecido los siguientes objetivos:

Objetivo 1. Aumentar la motivación de los estudiantes de Ingeniería Química y de otras disciplinas relacionadas, mediante la difusión de los resultados de este proyecto que, además, sirva de entrenamiento a los estudiantes miembros del equipo para su participación en el concurso Chem-E-Car.

Objetivo 2. Ofrecer a los estudiantes el material docente necesario para desarrollar un proyecto completo de selección de materiales que incluya consideraciones técnicas, medioambientales y económicas, que les permita seleccionar los materiales más adecuados para cada uno de los componentes del prototipo que presentarán a competición en Chem-E-Car.

Objetivo 3. Completar la implementación de Chem-E-Car, una herramienta de aprendizaje multidisciplinar, con la construcción de un prototipo de coche Chem-E-Car por un equipo de estudiantes para su participación en el Concurso Internacional de Chem-E-Car, que se celebrará en el Congreso Internacional de Ingeniería Química de AIChE que tendrá lugar en San Francisco, en Noviembre de 2016.

Objetivo 4. Fomentar una cultura de trabajo internacional y de colaboración entre el alumnado, facilitando contenidos en inglés y contactos en centros de trabajo que aumenten su empleabilidad.

2. Objetivos alcanzados (Máximo 2 folios)

El **objetivo principal** propuesto inicialmente en el Proyecto se ha alcanzado con la construcción de un prototipo de coche de madera, en el que el movimiento y la frenada se consigue mediante reacciones químicas.

Como estaba planificado, en mayo de 2016 se celebró un seminario en el que el equipo de estudiantes participantes explicó las actividades realizadas hasta el momento y expuso las dudas relacionadas especialmente con la selección de los materiales utilizados para la construcción del vehículo. Con el fin de avanzar en la selección de los materiales más adecuados y colaborar en la construcción del vehículo, se incorporaron al equipo tres estudiantes del grado en Ingeniería de Materiales, por mediación de los profesores que imparten docencia en dicha titulación. Estos propusieron la impresión en 3D de la carrocería del vehículo, con el fin de aligerar su peso, lo que supondría una modificación en el diseño mecánico realizado hasta el momento. Por tanto, se han alcanzado los **objetivos 1, 2 y 4**, ya que ha aumentado la motivación de los estudiantes de Ingeniería Química y de Ingeniería de los Materiales, mediante la difusión de los resultados de este proyecto; se han seleccionado los materiales mas adecuados; y se ha fomentado la cultura de trabajo internacional y de colaboración entre los alumnos de distintas titulaciones.

Las modificaciones necesarias en el prototipo para controlar las reacciones de puesta en marcha y parada con la utilización de los nuevos materiales retrasó la construcción del vehículo definitivo más ligero y no se pudo presentar a la Competición celebrada en el Congreso Internacional de Ingeniería Química de AIChE en San Francisco, en noviembre de 2016. No obstante, varios estudiantes asistieron al evento con el fin de familiarizarse con la Competición y poder presentar el vehículo en la siguiente edición que se celebrará en Barcelona dentro del Congreso Mundial de Ingeniería Química en octubre de 2017, motivo por el cual se ha solicitado un nuevo Proyecto de Innovación en la convocatoria de 2017. Los estudiantes miembros del equipo que asistieron a la competición fueron: Raúl Alberola Sánchez, Maurizio Carlucci Zambrano, Jesús Resino Guirán y Lorena Morona Murillo, los cuáles tuvieron la oportunidad de relacionarse en un ambiente internacional relacionado con la Ingeniería Química, tanto con estudiantes de universidades de todo el mundo, como con empresas internacionales relacionadas con el sector de la Ingeniería Química. Por tanto, el **objetivo 4** se ha reforzado considerablemente y el **objetivo 3** se ha alcanzado parcialmente.

3. Metodología empleada en el proyecto (Máximo 1 folio)

El cambio en la composición del equipo de estudiantes para la mejora del diseño del prototipo de vehículo ha condicionado las actividades propuestas inicialmente. La consecución de los objetivos se ha llevado a cabo mediante las siguientes actividades:

Actividad 1. Celebración de un seminario con los estudiantes del equipo para guiarlos en la preparación del prototipo e incorporación de estudiantes del grado de Ingeniería de Materiales.

Actividad 2. Propuesta de impresión de las piezas del coche en 3D para optimizar su peso y el rozamiento, para asegurar el correcto inicio de la marcha sin comprometer el control de frenado, que ha dado lugar a la creación de un nuevo prototipo.

Actividad 3. Construcción de un primer prototipo de madera según el diseño recogido en el EDP, acorde a la normativa de la competición.

Actividad 4. Prueba del coche. Los estudiantes han probado el prototipo de madera en los laboratorios del departamento de Ingeniería Química. Se han evaluado las desviaciones de funcionamiento con respecto a los resultados de los ensayos in vitro (PIMCD 28) y se han reajustado los componentes necesarios, sin embargo, los problemas de rozamiento y peso del primer prototipo no permiten cumplir con el tiempo máximo para la prueba. Será el nuevo diseño es el que permitirá el funcionamiento adecuado del coche conforme a las normas de la competición. El calibrado se realizará en el vehículo definitivo, construido con un material más ligero mediante impresión 3D.

Actividad 5. Búsqueda de patrocinador para la competición Chem-E-Car. Los estudiantes se han puesto en contacto con diferente empresas u organismos que puedan estar interesados en el patrocinio. Para ello, han elaborado un dossier de presentación en el que describen y muestran las actividades que realizan para poder presentarse a la Competición.

Actividad 6. Presentación del prototipo de madera en un seminario en la UCM en junio de 2017 al que asistieron estudiantes del Grado de Ingeniería Química y del Grado en Ingeniería de Materiales. Además de realizar una prueba con el prototipo, los estudiantes realizaron una presentación con las distintas etapas del diseño.

4. Recursos humanos (Máximo 1 folio)

Durante el desarrollo del Proyecto han participado los profesores y los doctorandos de los tres grupos de investigación de la Facultad de Químicas, según se presentó en la propuesta: dos grupos de investigación del departamento de Ingeniería Química (sección de Química Industrial-Grupo de Celulosa y Papel y Grupo de Físico-Química de Procesos Industriales y Medioambientales) y el Grupo de Ingeniería de Superficies y Materiales Nanoestructurados del departamento de Ciencias de los Materiales e Ingeniería Metalúrgica.

El Grupo de Celulosa y Papel, formado por 6 profesores, 7 investigadores pre- y posdoctorales y 1 técnico de laboratorio, ha llevado a cabo la coordinación del proyecto y ha tutorizado y supervisado a los estudiantes en los ensayos de laboratorio.

El Grupo de Físico-Química de Procesos Industriales y Medioambientales, formado por 2 profesores y 2 investigadores predoctorales, ha trabajado principalmente en las actividades relacionadas con las reacciones químicas.

El Grupo de Ingeniería de Superficies y Materiales Nanoestructurados, formado por 3 profesores y 5 investigadores predoctorales, ha trabajado principalmente en las actividades relacionadas con la selección de materiales.

El equipo de estudiantes está formado por 18 miembros:

- Alumnos del grado de Ingeniería Química: Maurizio Carlucci Zambrano (capitán), Raúl Alberola Sánchez, Jesús Resino Guirán, Lorena Morona Murillo, Pablo Arsuaga Cao, Pablo Ara Jimeno, Alberto Ávila Palomares, Pilar Bolívar Tejedo, Pablo del Amo Salgado, Lucía Espinosa García, Gemma Fernández Rodríguez, Alicia Galán Galán, Alejandro Márquez Negro, Diego Martín Jiménez, Antonio Pedregal Saez.
- Alumnos del grado en Ingeniería de Materiales: Jorge Navarro Torres, Héctor Arriba Gutiérrez, Luis Sancho González (no incluidos en la propuesta original, incorporados al equipo durante el Proyecto).

5. Desarrollo de las actividades (Máximo 3 folios)

Actividad 1. Celebración de un seminario. Durante el seminario celebrado en mayo de 2016, los alumnos de Ingeniería Química pusieron al tanto del trabajo realizado hasta el momento con el coche a los alumnos de Ingeniería de Materiales y a los profesores encargados de guiarlos. De esta forma, expusieron las reacciones consideradas y cuál de ellas fue seleccionada para la parte de frenada del coche; el trabajo realizado con la pila y la problemática que tenían para alcanzar voltajes suficientes; y el proceso de inscripción en AIChE y el curso de prevención que tuvieron que realizar. Los alumnos de Ingeniería de Materiales, a su vez, presentaron una propuesta de materiales que pudieran ser más adecuados para el diseño del vehículo, así como de las ruedas y engranajes, de forma que se consiguiera mejorar el diseño del prototipo de madera. Por último, intercambiaron información sobre cómo organizar el trabajo del grupo y con la asistencia de los profesores establecieron una rutina para trabajar en el proyecto.

Actividad 2. Proyecto de selección de materiales. La selección del material utilizado para la fabricación de cada uno de los componentes se llevó a cabo con el software CES Edupack 2016. Se consideraron aspectos técnicos cumpliendo todos los requerimientos ingenieriles para asegurar su buen funcionamiento en servicio y cubriendo todos los requerimientos de seguridad dictados por el concurso. Además se tuvieron en cuenta aspectos medioambientales, reciclabilidad, precio, huella de CO₂, disponibilidad, procesabilidad con las técnicas disponibles a nuestro alcance, etc... En el Anexo 1 se muestran los elementos diseñados por los alumnos de Ingeniería de Materiales para la impresión 3D del coche y su montaje.

Actividad 3. EDP. El cambio del prototipo de madera por uno impreso en 3D con materiales más ligeros, ha dado lugar a un retraso de la elaboración del EDP por parte de los alumnos. Sin embargo, se han informado sobre lo que deben incluir en el mismo, para que una vez tengan el coche definitivo puedan elaborar el documento de forma rápida.

Actividad 4. Construcción del primer prototipo español de Chem-E-Car. Los alumnos construyeron su primer prototipo de Chem-E-Car en madera y lo probaron con las reacciones que habían seleccionado entre aquellas que estudiaron (figura 1). Sin embargo, este prototipo presentaba problemas de peso y rozamiento que hacían ir demasiado lento al coche, por lo que los docentes involucrados en el proyecto animaron a los estudiantes a buscar soluciones a dicho problema. Los estudiantes de Ingeniería Química se centraron en el diseño de la pila que proporciona la energía al motor, de esta forma se cambiaron electrodos y disoluciones por otras más prometedoras. Los estudiantes de Ingeniería de Materiales se centraron en la selección de los materiales más adecuados, así como en el diseño mecánico del coche, de esta forma propusieron la construcción del coche en una impresora 3D con un material ligero y han diseñado las ruedas, carrocería, rodamientos y ejes para mejorar el diseño mecánico.

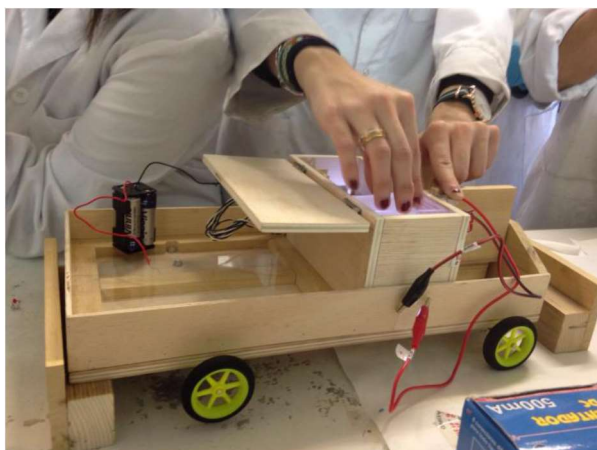


Figura 1. Prototipo de Chem-E-Car construido en madera por el equipo de estudiantes

Actividad 5. Poner a prueba el coche. Como consecuencia del cambio de diseño del coche, los alumnos sólo pudieron probar el prototipo de madera que fue demasiado lento para cumplir la normativa del concurso. Por lo tanto, en cuanto tengan construido el nuevo coche en la impresora 3D, procederán a poner a prueba este nuevo modelo.

Actividad 6. Calibrado del coche. Esta actividad no la han podido llevar a cabo, ya que el coche impreso en 3D todavía no está hecho. Se han centrado en desarrollar el diseño mecánico y de la pila.

Actividad 7. Búsqueda de patrocinador. Los alumnos han elaborado un dossier (Anexo 2) en el que incluyen información sobre el proyecto Chem-E-Car y sobre sus actividades para enviarlo a las empresas por mail. A pesar de haber mandado la información a FLUOR, FEIQUE y REPSOL, sólo la empresa Granta Design Ltd (Anexo 3), ha mostrado interés recientemente en el proyecto y está evaluando la posibilidad de patrocinio para cubrir los gastos de registro y asistencia del equipo en la Competición Internacional que tendrá lugar a partir del 30 de septiembre de 2017 en Barcelona, dentro del 10º Congreso Internacional de Ingeniería Química.

Actividad 8. Presentación prototipo en un seminario en la UCM. Cuando los alumnos tuvieron preparado el prototipo de madera, procedieron a presentarlo en un seminario en el que mostraron su funcionamiento y lo pusieron a prueba, mostrando los problemas que presentaba e iniciando la tormenta de ideas para buscar las posibles soluciones.

Actividad 9. Competición en el Congreso de AIChE de 2016. Debido al cambio de diseño, los alumnos no pudieron presentarse a la competición Chem-E-Car celebrada en San Francisco, pero cuatro de ellos asistieron para tomar contacto con la competición y prepararse para la competición que tendrá lugar durante el Congreso Mundial de Ingeniería Química en Barcelona en octubre de 2017.

Actividad 10. Transferir los conocimientos y la experiencia. En reuniones periódicas mantenidas entre el Prof. Carlos Negro y profesores del departamento de Ingeniería Química de las Universidades de Cantabria y Politécnica de Cataluña se ha informado sobre el progreso de los alumnos de la UCM, los pasos a seguir para participar en la competición Chem-E-Car y los plazos para poder competir en Barcelona, en la

competición mundial Chem-E-Car que se celebrará durante el Congreso Mundial de Ingeniería Química. Otras universidades españolas han mostrado interés y tienen previsto participar en la competición mundial en Barcelona, como son la Universidad de Santiago de Compostela, la Universidad Ramon Llull, la Universidad de Castilla La-Mancha y la Universidad de Tarragona. Con todas ellas, se ha mantenido contacto para informar sobre los pasos a dar y ayudar a que el máximo de equipos españoles puedan participar en la competición mundial.

Actividad 11. Difusión de la experiencia en un seminario UCM. El 19 de junio de 2017 se celebró el último seminario UCM, en el que los alumnos prepararon una presentación (Anexo 4) para mostrar el trabajo que vienen realizando desde que se propuso la idea de participar en la competición Chem-E-Car hasta este momento. Hicieron un repaso de los estudios que habían realizado para seleccionar la reacción de arranque y la de frenado, cuál fue la selección final y los problemas que fueron enfrentando y solucionando. Mostraron su prototipo de madera y explicaron la problemática que presentaba y como habían continuado trabajando para solucionarla. El equipo de trabajo multidisciplinar demostró ser la solución para desarrollar un coche viable. Los alumnos de Ingeniería de Materiales trabajaron en el diseño mecánico del coche, mientras que los alumnos de Ingeniería Química probaron nuevas reacciones químicas para hacer funcionar la pila que mueve el motor del coche de forma más efectiva.

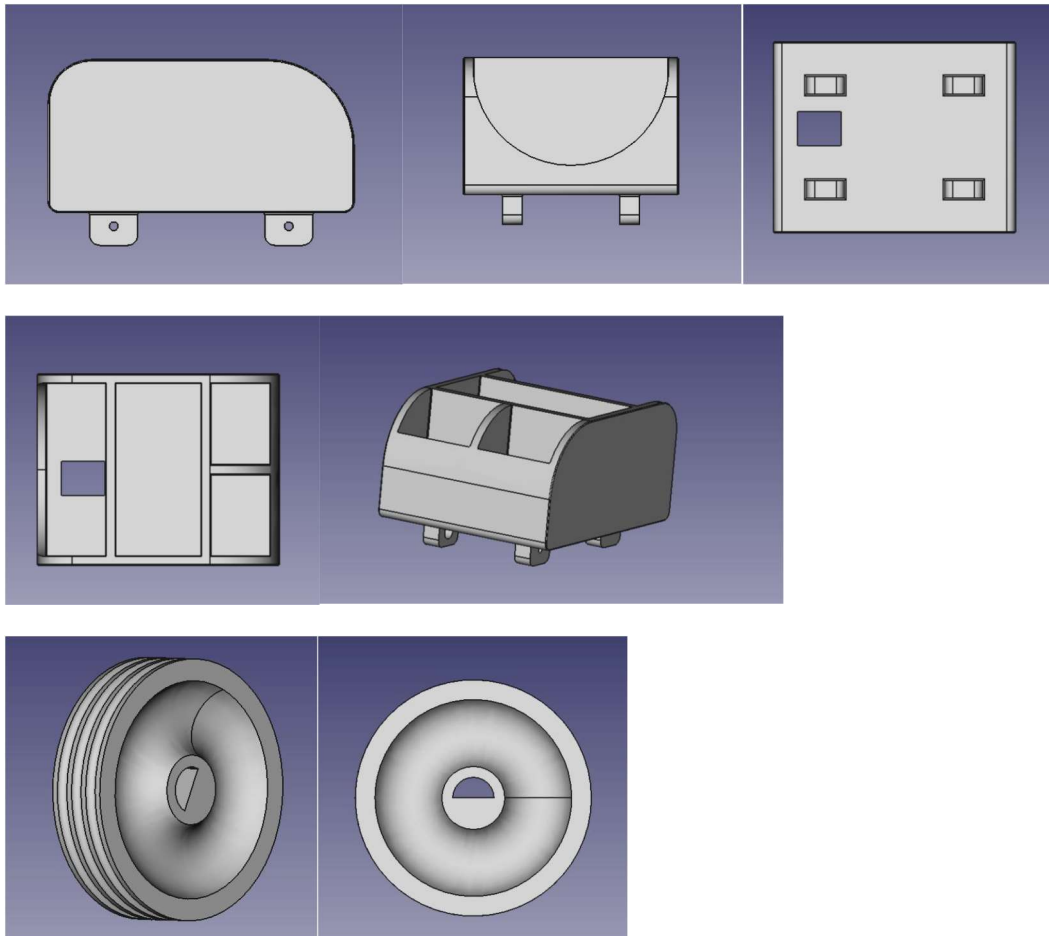
La coordinación y el seguimiento del plan se ha realizado mediante:

- Reuniones mensuales y a petición del equipo de estudiantes con los tutores para comprobar el avance en la construcción del coche, resolver dudas, y preparar seminarios y revisar el video, poster y dossier.
- Gestión de laboratorios, materiales y reactivos mediante cronograma.
- Informes de los estudiantes sobre su trabajo experimental.
- Actualizaciones del dossier.

6. Anexos

Anexo 1: Elementos diseñados por los alumnos de Ingeniería de Materiales para la impresión 3D del coche y su montaje

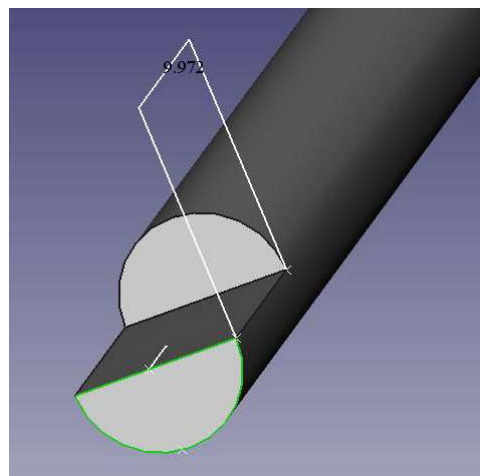
Ruedas y carrocería:



Rodamiento:



Ejes:



Anexo 2: Dossier preparado por el equipo de estudiantes

Chem-E-Car



¿Que es Chem-E-Car?

Es una competición organizada por AIChE que involucra a los estudiantes en el diseño y la construcción de un coche alimentado por una fuente de energía obtenida mediante una reacción química y un mecanismo de parada basado también en una reacción química.



¿Qué es AIChE?

Fundado en 1908, el Instituto Americano de Ingenieros Químicos (AIChE) es la sociedad líder a nivel mundial de la profesión de Ingeniería Química. Representa a más de 50.000 miembros procedentes de la industria, la academia y la administración.



La visión de AIChE es proporcionar valor a la profesión e impulsar que el principal catalizador en la aplicación de los conocimientos de la ingeniería química sea la satisfacción de las necesidades sociales.

Los estudiantes de todas las universidades americanas participan a través de los capítulos de estudiantes (student chapter). Asimismo, actualmente se admiten Student Chapter de universidades internacionales de todo el mundo.

¿Qué es un Student Chapter?

Es una sección de AIChE destinada a estudiantes universitarios en ingeniería química. Los integrantes se organizan en cada universidad para llevar a cabo las actividades propias del capítulo. Esto, permite a los alumnos adquirir competencias relacionadas con sus estudios y su futura vida laboral. Actualmente, existen 250 universidades que cuentan con un student chapter, siendo la Universidad Complutense de Madrid oficialmente una de ellas desde el año 2015.

¿Quiénes somos?

Somos un grupo de estudiantes de ingeniería química pertenecientes al student chapter de la Universidad Complutense de Madrid que aspiramos a convertirnos en el primer equipo español que participe en la competición de AIChE Chem-E-Car.

La participación en el proyecto nace del interés por ampliar nuestros conocimientos e introducirnos más ampliamente en el mundo de la ingeniería química.



AIChE Conference 2016

Todos los años se realiza un congreso en el que se reúnen tanto estudiantes como trabajadores en el campo de la ingeniería química. En el se realizan conferencias y ponencias sobre temas relacionados con esta industria.

Esto ofrece a los asistentes una toma de contacto entre empresa y futuro trabajador, permitiendo a los estudiantes darse a conocer en el mundo empresarial.



Este año la conferencia tendrá lugar del 8 al 9 de Noviembre en San Francisco (EEUU). En ella se celebrará la próxima edición de la competición Chem-E-car.

El proyecto

El objetivo es la construcción de un coche que sea propulsado y detenido por una reacción química. Los alumnos deben ingeniar un proceso para cumplir este objetivo. El mecanismo de propulsión seleccionado es la construcción de una batería de cinc y cobre, la cual estará conectada a un motor que propulse el coche. El mecanismo de parada es una reacción de reloj de yodo en la que el tiempo que tarda en cambiar de color depende de las concentraciones iniciales de los reactivos. La reacción de reloj para detener el coche usará un fotosensor que detecte el cambio de cantidad de luz y con un relé abra el circuito de la pila, deteniendo el motor.

Estamos trabajando en los laboratorios en los distintos aspectos para el diseño y construcción del coche:

- Mecanismo de propulsión: pila Zn/Cu
- Mecanismo de parada: reloj de iodo
- Selección de materiales y estructura del coche.



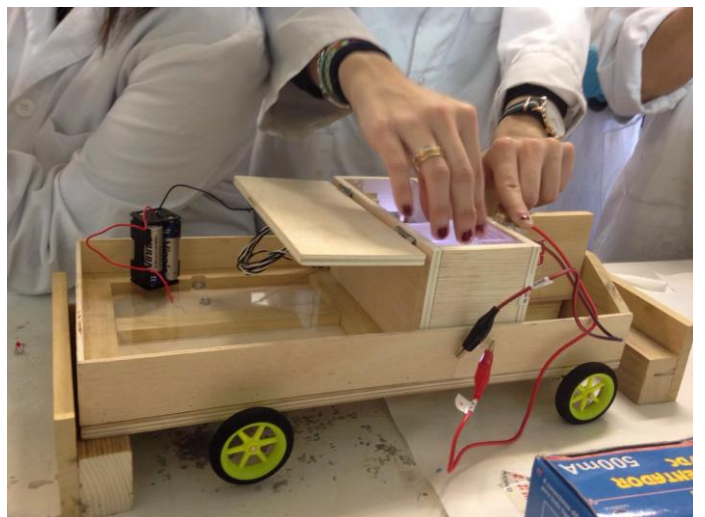
¿Por qué patrocinarnos?

Patrocinar este proyecto significa apostar por el primer equipo de estudiantes españoles que participará en la competición de Chem-E-Car.

Será el ensayo para la competición que se llevará a nivel mundial en el próximo Congreso Mundial de Ingeniería Química que se celebrará en Barcelona 2017 en el ámbito de Expoquimia.

Al patrocinarnos las empresas recibirán a cambio publicidad por parte del equipo a través de redes sociales, en los posters y afiches del equipo y en el uniforme.

Patrocinar nuestro proyecto es incentivar a la educación de estudiantes universitarios en ingeniería química, promoviendo su formación a través de la investigación y desarrollo práctico. En definitiva formar parte de esta iniciativa es contribuir a que las futuras generaciones se formen de manera más completa y sean los mejores profesionales que impulsen el futuro de España.



¿Cómo Patrocinarnos?

El objetivo del patrocinio es cubrir los gastos de la inscripción en la competición y financiar el viaje y estancia de los estudiantes que integran el equipo. El presupuesto necesario es de 9.000 €. Las empresas pueden vincularse al proyecto donando una cantidad de dinero al equipo. Según el importe de su aportación las empresas entraran dentro de una de las tres categorías de patrocinadores: Silver, Gold o Platinum.

- **Patrocinador Silver:** aportaciones de 500€.
Por ayudarnos el logo de la empresa aparecerá en nuestros afiches del proyecto, también en la parte baja de nuestros uniformes y serán nombrados en nuestras redes sociales al menos una vez al mes.
- **Patrocinador Gold:** aportaciones de 1.500€.
Por ayudarnos el logo de la empresa aparecerá en nuestros afiches del proyecto, también en la parte central de nuestros uniformes, con un tamaño mayor al de patrocinadores Silver y serán nombrados en nuestras redes sociales al menos una vez cada quince días.
- **Patrocinador Platinum:** aportaciones de 2.500 €.
Por ayudarnos el logo de la empresa aparecerá en nuestros afiches del proyecto, también en la parte superior de nuestros uniformes, de un tamaño mayor al de patrocinadores Gold y serán nombrados en nuestras redes sociales al menos 1 vez a la semana.

Para el patrocinador que aporte mayor capital se colocara su logo en alguna de las superficies del coche.

Contacto

Puede contactar con el equipo Chem-E-Car UCM para cualquier duda, solicitar mas información o entrevistarnos a través de los siguientes medios:

Equipo Chem-E-Car
chemecarucm@gmail.com

Maurizio Carlucci / Capitán del Equipo
+34627839716
mcarlucci@ucm.es

Lucia Espinosa / Encargada de Patrocinio
+34661646036
lucia.espinosa95@gmail.com

Para mas información sobre la competición pueden visitar la web
<http://www.aiche.org/community/students/chem-e-car>

Anexo 3: Carta de interés de Granta Design Ltd

To whom it may concern:

I, Magda Figuerola, Senior Materials and Design Specialist at Granta Design Ltd. in Cambridge UK, want to express support in the above-mentioned project.

"Presentation of the final prototype of the CHEM-E-CAR International Competition at the 10th World Congress of Chemical Engineering" organized by the American Association of Chemical Engineering (AIChE) - <https://www.aiche.org>), whose responsible researcher is Professor Carlos Negro Álvarez of the *Universidad Complutense de Madrid*.

I think highly of the project which has worldwide potential. The project facilitates both theoretical and practical learning outcomes in the subjects of Chemical Engineering and Materials Engineering. It is extremely important to the new generations of students and future professionals in these areas.

I therefore fully endorse this initiative and encourage *Universidad Complutense de Madrid* to support the *INNOVA-DOCENCIA Innovation Project*. I wish the project all the success for the accomplishment of the proposed work.

If the initiative goes ahead, I would like to be kept informed about the progress and results of this project.

Sincerely,



Magda Figuerola
Senior Materials and Design Specialist

Anexo 4: Presentación del trabajo realizado por el equipo de estudiantes



Chem-E-Car

Universidad Complutense de Madrid



ESTRUCTURA INICIAL

■ Madera de samba y contrachapado.

VENTAJAS

- ☐ Rigidez
- ☐ Resistencia
- ☐ Impermeabilidad
- ☐ Opacidad
- ☐ Económico

DESVENTAJAS

- ☐ Elevado peso
- ☐ Sistema de transmisión poco eficiente



MEDIDAS ADOPTADAS

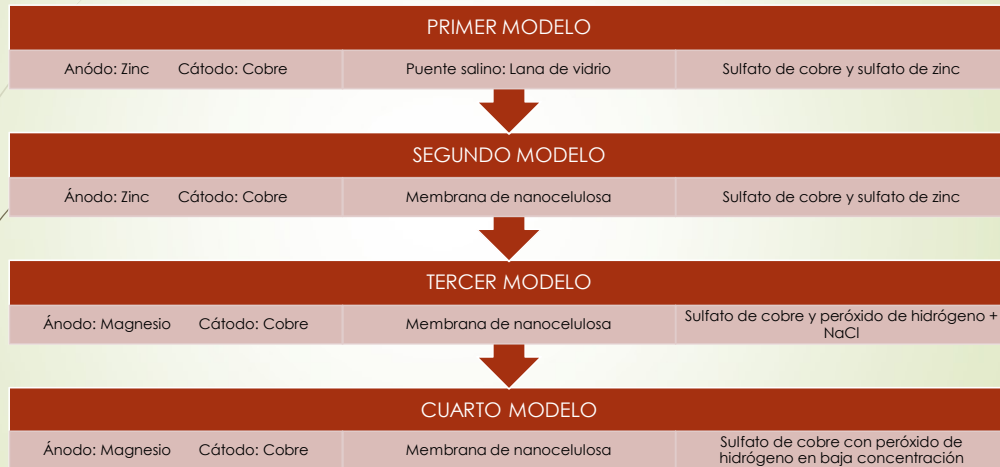
- Mejora de la eficiencia de la transmisión al cambiar el sistema de correas por uno de cadenas.
- Modificación de las ruedas con el fin de disminuir el rozamiento.
- Modificación de la disposición de las celdas.



DISEÑO DEFINITIVO

- Impresión 3D en un polímero ligero.
- Distribución de peso con sistema de rodamientos.

SISTEMA DE ARRANQUE



TECNOLOGÍA DE MEMBRANAS

- Tecnología innovadora.
- Semipermeables: Solo permiten el paso de electrones.
- Mejoran la intensidad de las celdas.

SISTEMA DE FRENADO

- Reacción de reloj de yodo.

Medio básico que reduce ácido ascórbico y yoduro potásico.

Cinética con ác. Ascórbico más rápida, lo que provoca que esta reacción sea la etapa controlante, ya que la reducción del yodo solo comienza una vez acabada ésta. Tan rápido como se forme yodo reacciona con almidón tornando la disolución de transparente a opaca.

SISTEMA DE FRENADO

- Sistema de frenado controlado por un arduino conectado a un fotodetector, el cual abre o cierra el circuito en función de si recibe o no la luz emitida por una bombilla situada al otro lado de la disolución.